

# Ervervet spondylolyse hos unge idrettsutøvere

En litteraturstudie



Prosjektoppgave

Det Medisinske Fakultet

Universitetet i Oslo

Stud. Med. Grethe E. Thorsheim

Veileder: Erik Bautz- Holter

## **Abstract**

One of the most common conditions of low back pain in school- age athletes is spondylolysis. Spondylolysis is a stress fracture of one or both pars interarticularis and most commonly occurs in the lower lumbar spine.

Sports such as gymnastic, figure skating, football, throwing sports, volleyball, handball, dancing, diving, butterfly swimming, pole vault and weightlifting etc. place children and adolescents at a higher risk for developing these overuse injuries. (10, 11, 14, 21)

Treatment of spondylolysis is a matter of debate. Treatment usually consist of rest and bracing to allow healing to occur, followed by rehabilitation that includes core strengthening.

The primary goal of treatment is to achieve a stable pain-free union of the fracture. A bony union is preferred. However a stable, pain free fibrous union that enables full activity has been deemed acceptable by many authors. (14, 18)

Diagnostic evaluation typically includes plain radiographs, followed by more sensitive modalities like SPECT, CT or MRI. There is no consensus on the most appropriate protocol for diagnostic evaluation.

The purpose of this project task is to tell something about which agreements and controversies which exist in the literature on this field. I will then discuss the results from topics like radiologic investigation, physical treatment, brace treatment and treatment with external electric stimulation of the lesion. Although the athlete has an inherent drive for returning to competition, a safe return to sports should be paramount.

## Innholdsfortegnelse:

1. Problemstilling med avgrensning	1
2. Definisjon, forekomst og betydning	1
3. Innledning	2
4. Metode	3
5. Teoridel	4
5.1 Ryggvirvlenes anatomi og biomekanikk	4
5.2 Ulike typer frakturer	6
5.3 Patofysiologi ved tretthetsbrudd	7
5.4 Etiologi og risikofaktorer	8
5.5 Symptomer, diagnostikk og klinisk undersøkelse	9
6. Resultat/ Fordypningsdel	10
6.1 Radiologi som diagnostisk verktøy	11
6.2 Bruk av korsett og fysikalsk behandling	13
6.3 Elektrisk stimulering av bruddstedet	16
7. Diskusjon	17
7.1 Radiologi som diagnostisk verktøy	17
7.2 Behandling av spondylolyse	18
8. Avslutning med konklusjon	20

## 2. Problemstilling med avgrensning

Denne oppgaven har som mål å gi kunnskap om *ervert spondylolyse hos unge idrettsutøvere*. For å nå dette målet har jeg samlet inn og studert artikler om emnet. Dette er en *studie av litteratur* som omhandler temaet ervert spondylolyse, og tar for seg både bl.a. etiologi, diagnostikk og behandling. Spondylolyse kan ha flere årsaker. Både traumer, malignitet m.m kan være årsaksfaktorer. Jeg kommer til å konsentrere meg om den lytiske spondylolysen dvs. *tretthetsbrudd* av pars interarticularis.

Spondylolyse er assosiert med spondylolistese. Jeg kommer ikke til å omtale spondylolistese i denne oppgaven.

Prosjektoppgaven tar heller ikke for seg operativ behandling av spondylolyse

## 1. Definisjon, forekomst og betydning

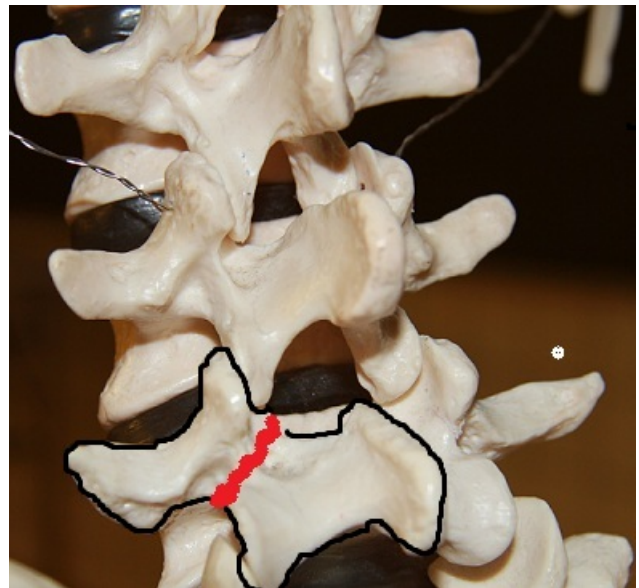
Definisjonen stressfraktur er kjent som spondylolyse som kommer fra det greske ordet "spondylo" som betyr vertebra(ryggvirvel) og "lysis" som betyr brudd.(46)

Begrepet spondylolyse er definert som en defekt i virvelbuen nærmere bestemt pars interarticularis og er som oftest lokalisert på nivå L5, dernest L4. (2) Deler av virvelen ser ut som en "scotty dog" og bruddet fremkommer som "halsbånd på hunden".( Bilde 1) Defekten foreligger uten glidning av virvelkorpus. (spondylolistese)

Tretthetsbrudd i pars interarticularis forekommer typisk som et resultat av repetitive mikrotraumer som oftest fremprovosert av hyperekstensjon kombinert med rotasjon og torsjon ved motstand.

Dette er den vanligste idrettsskaden i nedre del av rygg hos unge idrettsutøvere.(7)

Forekomsten av spondylolyse ligger på rundt 5-6 % hos normalbefolkningen i den vestlige verden og er ofte asymptomatisk. (2,3,4,17)



Bilde 1: Deler av virvelen ser ut som "scotty dog," og bruddet fremkommer som halsbånd på hunden

Det er aldri blitt påvist hos fostere eller spedbarn. (5) Dette taler mot at spondylolyse er en medfødt misdannelse.

Hos unge idrettsutøvere er det derimot blitt rapportert at forekomsten av spondylolyse ligger mellom 13-47 %. (4,5,14)

For den enkelte utøver kan dette bety et skadeforløp preget av smerte og immobilisering som krever opphold av den aktuelle idrett en periode. For idrettsutøvere og spesielt de som konkurrerer på et høyt nivå vil det være av stor betydning å returnere til idretten så raskt som mulig for å unngå å miste ferdigheter og fremgang.

Den aktuelle behandler vil trenge solide holdepunkter for å anbefale en periode med relativ hvile og behandling som har lenger varighet enn den perioden utøveren er smertepåvirket.

De fleste vil oppleve suksess med konservativ behandling, noe denne oppgaven vil belyse. En mindre prosent vil måtte gjennomgå operasjon.

Prognosen er i de fleste tilfeller god.

## **2. Innledning**

Som engasjert i barne- og ungdomsidrett har jeg vært vitne til at rygg smerter er et hyppig forekommende problem hos unge idrettsutøvere. Jeg har også sett at ivrige trenere lar barn og ungdom fortsette med trening til tross for smerter.

Det er også min erfaring at unge idrettsutøvere i større grad nå enn før er fokusert på en idrett, noe som frarøver dem allsidigheten som variasjon av ulike typer idretter ville gitt dem. Slik blir de mer sårbare for skader, såkalte "overuse injuries". (24)

Derfor ønsket jeg å sette meg inn i den kunnskap som finnes om tretthetsbrudd i ryggen og fant ut at det er forsket og skrevet svært mye om dette temaet da det er et økende problem. (21) Grunnen til at problemet er økende kan være at en større andel barn og unge deltar i konkurransesport. Både intensitet og antall timer brukt på trening kan være svært høy. (35) Samtidig har årvåkenheten i forhold til idrettsskader hos behandlere og trenere økt i takt med dette.

Spondylolyse er særlig assosiert med idretter som fotball, håndball, volleyball, kastidretter, turn, langrenn, roing, dans, stuping, butterfly svømming, stavhopp og vektløfting m.m. (10, 11,14, 21).

De fleste idrettsutøvere ønsker å komme seg raskest mulig tilbake til sin idrett etter et tretthetsbrudd i ryggen. Da er man avhengig av tidlig og riktig diagnostikk, samt behandlingsregimer som har vist seg trygge og effektive.

Dette forutsetter at trenere og idrettsledere er oppdaterte på symptomer, behandling og oppfølging av denne skaden.

Jeg vil i teoridelen gi en generell innføring vedrørende ulike aspekter rundt tretthetsbrudd i ryggen.

Da det hersker både enighet og uenighet i forhold til diagnostikk og behandling av spondylolyse har jeg i fordypningsdelene valgt å studere nærmere noen artikler. Jeg vil først vise ulike syn på hvilken billediagnostikk som bør være førstevalg i denne sammenheng. Jeg har også fordypet meg i artikler som har ulike syn på fysikalsk behandling og hvorvidt korsett eller ortoser er et nødvendig tiltak. Til slutt ser jeg på noen studier som omhandler elektrostimulering av bruddstedet.

Jeg kommer til å diskutere noen funn og resultater fra disse artiklene mot slutten av oppgaven.

Den overordnede hensikten med denne prosjektoppgaven er å fremskaffe kunnskaper for å gi råd til de som omhandles av denne problemstillingen.

### **3. Metode**

For å samle inn kunnskap til denne prosjektoppgaven måtte jeg først finne frem til informasjonsbehovet mitt. Jeg ønsket å finne mest mulig informasjon om spondylolyse hos unge idrettsutøvere. Jeg fant raskt ut at det er sparsomt med informasjon i lærebøker, også de som spesielt omhandler ryggglidelser. Da begynte jeg å søke etter artikler. Jeg benyttet meg i stor grad av Helsebibliotekets portal på nettet.

Ettersom er litteraturstudie skal innbefatte et grundig studium av originalartikler og oversiktsartikler i spesialtidsskrifter, valgte jeg Medline som primær database. Dette falt også som et naturlig valg da vi har lært at Medline er en sentral database innen biomedisin. (25)

Jeg startet med å søke fokusert på spondylolysis i søkervinduet til databasen Medline. Jeg heftet så på følgende ord: Classification, Complication, Diagnosis, Epidemiologi, Etiologi, Pathology, Prevention & Control, Radiography, Radionuclide Imaging, Radiotherapy, Rehabilitation og Therapy. Disse påheftede ordene ble bundet til hverandre med bindeordet OR. Jeg fikk da opp 410 artikler.

Jeg valgte så å starte et nytt søk hvor jeg kombinerte ordene spondylolysis med athlete uten å hekte på noen tilleggsord. Jeg fikk da opp 115 artikler. Jeg valgte å se igjennom disse da jeg var redd for å miste for mye ved å innsnevre søket ytterligere.

Av disse valgte jeg ut rundt 50. I utvelgelsen av artikler lot jeg i første omgang tittelen på artikkelen være utslagsgivende for om jeg ønsket å lese den eller ikke. Jeg valgte titler som omhandlet "ikke operativ behandling" av spondylolyse, spondylolyse hos idrettsutøvere/ungdom og radiologisk diagnostikk ved spondylolyse.

Jeg ønsket i utgangspunktet å innhente de ferskeste artiklene. Etter å ha lest noen av dem fant jeg ut at de hadde hentet inn kunnskap fra en del eldre originalartikler. Jeg ble nysgjerrig på disse og

begynte å lete i litteraturhenvisninger til de artiklene jeg syns var bra. Jeg bestilte så flere både eldre og nyere artikler fra det Medisinske Biblioteket på RH.

Gjennom litteraturhenvisningene fant jeg ut i hvilket tidsskrift artikler var publisert. Jeg begynte etter dette å søke direkte etter stoff i tidsskrifter som Spine og The American Journal of Sports Medicine m.m. gjennom UIO's biblioteksportal på nettet.

Jeg valgte flest primærartikler men også noen oversiktsartikler. Jeg støttet meg på oversiktsartiklene i spørsmål om hvilke retningslinjer som er gjeldene. Konklusjoner fra disse har større tyngde og vil på en helt annen måte representere kunnskapen enn det en enkeltstudie kan.

Jeg søkte også på McMaster Plus med søkerord: spondylolysis, athletes. Jeg valgte også her å forholde meg til Medline artikler da en litteraturstudie bør ta for seg flest studier som ikke ligger for høyt i evidenshierarkiet.

Av de 50 artiklene jeg leste igjennom valgte jeg særlig ut 14 av dem. Tematikken her var radiologisk diagnostikk, korsett behandling, stabiliserende fysikalsk behandling og elektrostimulering av bruddstedet.

#### 4. Teoridel

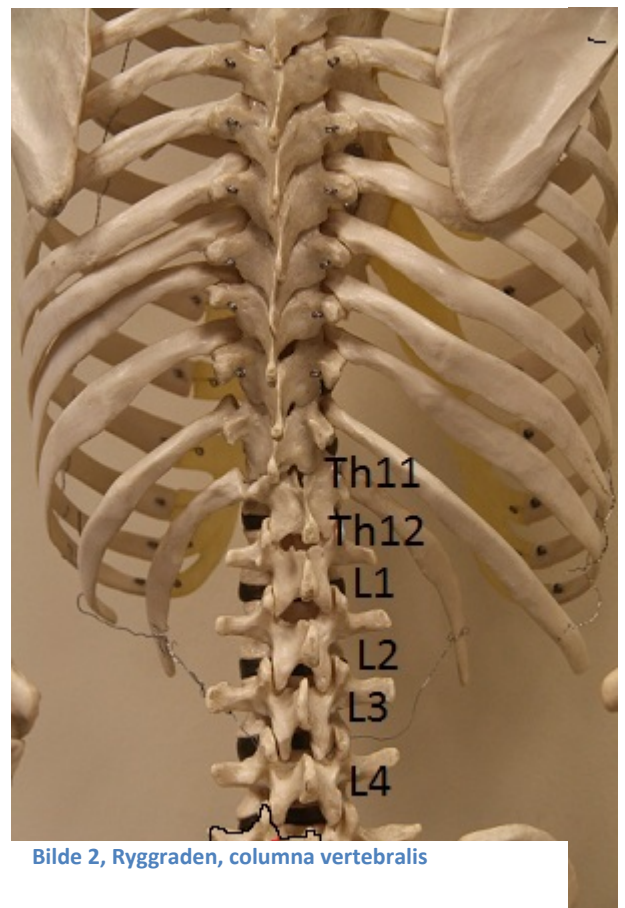
##### **5.1 Ryggvirvlernes anatomi og biomekanikk**

Den anatomiske formen på den voksne ryggen består av fire kurver. Bryst- og sakralregionene er konkave fremover (kyfose), mens hals- og lenderegionene er konkave bakover (lordose). Denne unike formen på ryggen gjør det mulig å bære kroppsvekten.

Ryggraden som også kalles virvelsøylen eller columna vertebralis (bilde 2) sikrer et sterkt, men likevel fleksibelt reisverk til kroppen så vel som beskyttelse av den lett sårbare ryggmargen som forløper inne i ryggspalten.

Virvelsøylen er bygd opp av 33- 34 uregelmessige knokler, virvlene er forbundet med hverandre ved hjelp av bånd, brusk og ekte ledd, og de er adskilt av mellomvirvelskiver, disci intervertebrales. Nederste skive er mellom L5 og os sacrum, kan av og til være tilbakedannet = sakralisering.

Vi har 7 cervicalvirvler (halsvirvler), 12 thorakalvirvler (brystvirvler), 5 lumbalvirvler (bukvirvler), 5 sakralvirvler (korsvirvler) og 4-5 halevirvler. Korsvirvlene er vokst sammen til en knokkel, korsbenet. Halevirvlene er sterkt tilbakedannet og mer eller mindre vokst sammen med



Bilde 2, Ryggraden, columna vertebralis

korsbenet. Ryggvirvlene er forbundet med hverandre ved de såkalte fasettleddene eller bueleddene på baksiden av ryggspylen. Disse leddene tillater bevegelser mellom virvlene i ryggen.

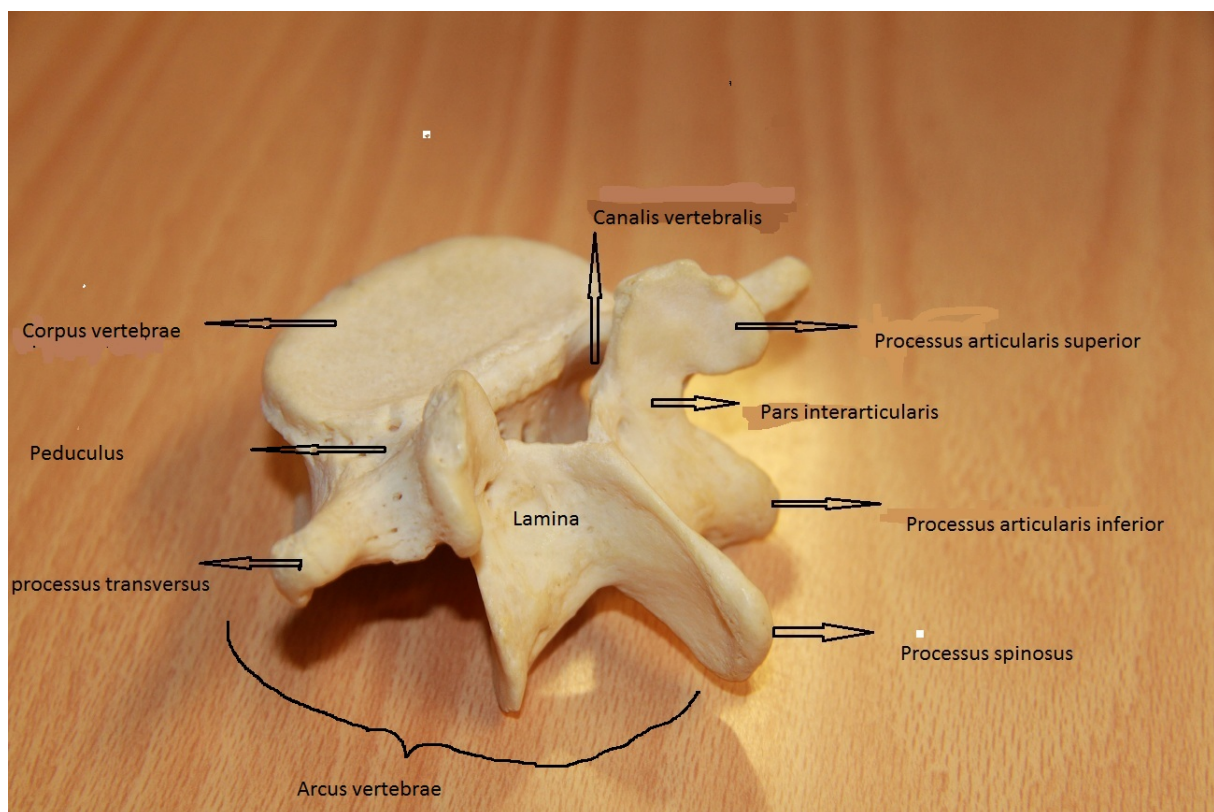
I størstedelen av virvelsøylen består hver virvel, vertebra, av en massiv ventral del, corpus vertebra. virvellegemet, og en dorsal virvelbue, arcus vertebra.

På hver halvdel av virvelbuen har vi foran en smal buerot, pediculus arcus vertebra, og bak en bredere bueplate, lamina arcus vertebra som slutter virvelbuen. Tilsammen danner disse et trekantet rom kalt foramen vertebralis hvor ryggmargen løper sammen med meningene.

Den øvre og nedre platen av corpus er dekket av et tynt lag hyalin brusk. Denne er ansvarlig for høydeveksten av virvlene under vekstperioden.

Fra virvelbuen stikker en ryggtagg, processus spinosus, bakover og en tverrtagg, processus transversus, til hver side.(Bilde 3) De tjener som feste for muskler og bånd.

Buene på to nabovirvler er som tidligere nevnt forbundet med hverandre med små stramme, synovialledd som kalles bueledd eller fasettledd. Leddflatene sitter på fremstikkende leddtakker, processus articularis superiores og inferiores.(bilde3) (36)



Bilde3, Lumbalvirvel, L5

Det mest sårbare punktet på virvlene med tanke på tretthetsbrudd er et område som kalles pars interarticularis, som er "broen" mellom de superiore og inferiore fasettleddene.(bilde 3)



Behovet for bevegelighet gjør at strukturen i ryggraden er komplisert. Istedenfor en totalt stiv benstamme er ryggraden som nevnt et fleksibelt reisverk bestående av rigide vertebra adskilt av mellomvirvelskiver. Den største bevegelsen ryggen tillater er foroverbøyning, fleksjon, og bakoverbøyning, ekstensjon. Andre viktige bevegelser er aksial rotasjon og lateral bøyning.

Bevegeligheten i hvert segment er kontrollert aktivt av muskler og passivt av ligamenter som er festet direkte til ryggvirvelens corpus, lamina og utspring(prosesser). Disse elementene støtter ryggraden på samme måte som kabler støtter et radiotårn. Vridende bevegelser i ryggraden produserer belastning i vevet. I en normal ryggrad vil fasettleddene begrense torsjon. Skjærekrefter oppstår i lumbarcolumna som følge av lordosekurvaturen i regionen.

Fasettleddene som forbinder virvlene med hverandre er spesielt viktige med tanke på å motstå torsjon og skjærekrefter.

Normalt vil fasettleddene og intervertebralskivene bidra med rundt 80 % av motstanden til torsjonsbelastning hvor fasettleddene bidrar med rundt halvparten av dette. Cirka 25 % av den aksiale kompresjonskraften går også gjennom fasettleddene. Kraftene i vertebra blir endret når det er skade på fasettleddene. Størrelsen på belastningen som går gjennom fasettleddene avhenger av om segmentet blir belastet i fleksjon eller ekstensjon. Eksessiv belastning på lumbarcolumna i ekstensjon kan føre til at større krefter går gjennom fasettleddene og utsetter pars interarticularis for overbelastning med påfølgende spondylolyse som resultat.(51)

## ***5.2 Ulike typer frakturer***

Spondylolyse kan forekomme på et hvilket som helst spinalt nivå, men 71 % - 95 % av lesjonene forekommer på L5 og 5 % - 23 % på L4.(2,8)

Spondylolyse forekommer som regel bilateralt i virvelbuen. Unilateral spondylolyse er observert i 14-30 % av tilfellene. (17,24)

I den grad skaden er unilateral forekommer den som oftest på motsatt side til den utøvende aktivitet. Dvs. høyre hånds spiller – venstre side brudd. Det må nevnes at i fotball kan det være motsatt da en høyrefot dominant spiller ofte bruker venstre fot til å sparke med. (19,39)

Stressfrakturere kan være både komplette og inkomplette.

Morita m. fl. (8) deler i sin studie defekt i pars interarticularis inn i tidlig, progressiv og terminale stadier ved hjelp av CT- teknologi. Det tidlige stadiet var karakterisert ved focal bony absorption eller hår linje defekt. I det progressive stadiet var defekten videre og små fragmenter var til stede i bruddlinjen. På terminalstadiet var det utviklet sklerotiske forandringer.

### **5.3 Patofysiologi ved tretthetsbrudd**

Et tretthetsbrudd, eller stressbrudd, oppstår ikke som følge av en akutt skade, men som følge av en overbelastning. Det aktuelle beinet utsettes for tøyninger og bøyninger over lengre tid og brekker til slutt på samme måte som en metallstav kan brette etter gjentatte bøyninger frem og tilbake.

Et tretthetsbrudd forårsakes vanligvis av en stadig gjentakende belastning som overskrider beinets evne til å reparere seg selv. Til slutt ender det med en brist eller et brudd.

Benvev inneholder to viktige typer celler som står for henholdsvis oppbygging og nedbrytning av bensubstans: Osteoclastene for en stadig nedbrytning og omforming av benvevet, mens osteoblastene står for oppbygning av nytt vev. Osteoclastenes tilstedeværelse og virksomhet er helt nødvendig for at benvevet skal være tilpasningsdyktig og kunne adaptere seg til ulike typer påkjenninger; uten dem ville benstrukturen være statisk og derfor langt mindre sterk og motstandsdyktig. Osteoblastene er likeledes nødvendige for å produsere nytt benvev til erstatning for det som er blitt brutt ned.

Tretthetsbrudd i knokler er noe som kan oppstå når de påkjenninger benvevet utsettes for, går over en viss grenseverdi hvor osteoclastenes aktivitet blir så stor at de oppbyggende osteoblasters omsetningshastighet ikke lenger blir tilstrekkelig for å bygge opp nytt ben når det gamle nedbrytes. Dersom denne situasjonen vedvarer over tid, vil benvevet svekkes, med en stressfraktur som sluttresultat. (43)

To teorier, "the overload theory" og "the muscle fatigue theory" har vært foreslått for å være medvirkende til stressfrakturer.

I "the overload theory" mener man at rytmisk og repetert kontraktil aktivitet av musklene produserer stress på deres ossøse festepunkter, noe som reduserer den mekaniske motstandskraften til benet.

I "the muscle fatigue theory" blir det postulert at progressiv utmattelse under aktivitet minsker musklens evne til å fungere som sjokk absorberer. Som et resultat av dette vil man få unormal kraftfordistribusjon som gir stresskonsentrasjon på visse steder på benet. (35)

En defekt i pars interarticularis vil altså være et resultat av biomekanisk stress

Forsøk utført på kadaver har vist at gjentatt full fleksjon og ekstensjonsbevegelse av virvelsøylen bøyer processus articularis inferior tilstrekkelig til å forårsake brudd i pars interarticularis. (14, 15)

Repetitivt mekanisk stress har i forsøk på rotter også vist seg å forårsake morfologiske endringer i endeplaters chondrocytter. (33)

Et annet forsøk gjort på modell viste at stresset på pars interarticularis var lavest under kompresjon alene. Her ble stresset jevnt fordelt gjennom vertebra. Høyest stress fant man under kompresjon med ekstensjon, etterfulgt av kompresjon med rotasjon, med fleksjon og med lateral bøyning. (29) Det er brukt Von Mises Kriterier for å vurdere størrelsen på stresset i vertebra. I et elastisk legeme som blir belastet i tre dimensjoner, vil et komplekst system av stress utvikle seg. På et punkt på legemet (her ryggraden) vil stresset komme fra ulike retninger. Retningen og størrelsen på stresset endrer seg fra punkt til punkt. Von Mises Kriterier er en formel for å kalkulere hvorvidt stresskombinasjonen på et gitt punkt vil forårsake skade.

På umodne ryggvirvler vil stresset vil i hovedsak konsentreres i den vertebrale vekstsonen lokalisert mellom den bruske og ossøse endeplaten. Det er på dette området i pars interarticularis at stressfrakturer forekommer. Dette er årsaken til at ikke-utvokste individer er mer utsatte for spondylolyse.(34,32)

Den posteriore delen av columna inkluderer fasettleddene, processus spinosus og pars interarticularis. Et enkelt ossifikasjonssenter ligger på hver side av virvelbuen på pediklene. Ossifikasjonen progredierer posteriort og kan være ufullstendig kongenitalt på de lavere lumbale vertebra, spesielt på L5. Den superiore delen av buen belastes med stress fra den inferiore artikulære fasett av L4. Dette er årsaken til at brudd som oftest forekommer på L5 nivå.(11)

Den umodne ryggvirvel har altså områder med vekstbrusk og umodne ossifikasjonssentra som øker sårbarheten i forhold til kompresjon, distraksjon og torsonsskader. Denne vekstsonen er det svakeste punktet i styrkekjeden.(34)

#### **5.4 Etiologi og risikofaktorer**

Hvis det er forhold som predisponerer for tilstanden er det viktig å være klar over disse og kjenne til varselssymptomer.

Etnisitet, kjønn og alder viser seg å være utslagsgivende med hensyn til å utvikle spondylolyse.

Det er mer utbredt hos menn enn hos kvinner og hyppigere hos hvite amerikanere enn afro-amerikanere: Hvite menn: 6,4 %, afro -amerikanske menn 2,8 %, hvite kvinner 2,3 %, afro-amerikanske kvinner 1,1 %. I Japan er insidensen i normalbefolkningen 5,6 %.

En svært høy forekomst av skaden ca. 50 % er blitt identifisert i skjeletter fra Alaska og Canada, mens den høyeste insidensen, 54 %, er funnet hos innfødte på Grønland. (5,6)

Selv om spondylolyse har blitt rapportert oftere hos menn enn hos kvinner, har det vist seg at skade oftere progredierer til spondylolistese hos kvinner. (18) Det kan også se ut som om risikoen for tretthetsbrudd hos kvinnelige idrettsutøvere er større enn hos mannlige idrettsutøvere som kontrast til forekomsten mellom kjønnene i normalpopulasjonen.

Det er også kjent at magre unge kvinnelige idrettsutøvere med nedsatt østrogenproduksjon og påfølgende manglende menstruasjon lider av osteopeni. Dette er kjent som “ the female athlete triad.” De blir med dette mer utsatt for stressfraktur.(11)

Det er store ulikheter med hensyn til hvilke ryggskader man finner hos ungdom/barn versus voksne individer. På Boston Children's Hospital fant man spondylolyse hos 47 % hos unge idrettsutøvere med korsryggssmerter mens de fleste voksne hadde smerter som følge av nucleusprolaps.(11) Ryggsmerte hos barn og ungdom har med større sannsynlighet utspring i benete strukturer heller enn muskel- sene strukturer. (2)

Økt lordose er kjent som en risikofaktor i forhold til skade av pars interarticularis. Økt lordose er assosiert med faktorer som iliopsoasinfleksibilitet, stram torakalumbare fascie, torakal kyfose og abdominal svakhet.(2)

Ryggraden til barn og unge har en tendens til hyperlordose. Dette er et fenomen som man tror også har sammenheng med større vekst av de anteriore corpus vertebra sammenlignet med veksten de posteriore elementene av ryggraden. Dette fører til økende lordose som igjen gir stress på pars interarticularis. (40)

Mange faktorer medvirker til utviklingen av spondylolyse. Hos unge idrettsutøvere er ryggspylen under stadig vekst og remodelering. Full modning av benstrukturer er ikke ferdigutviklet før 25 års alder. Tilstedeværelsen av flere ossifikasjonssentre gir som tidligere nevnt opphav til svakheter i posteriore del av pars interarticularis. Disse områdene er sårbare med hensyn til repetitivt stress. (2,11)

I tillegg til kjønn og alder har det vist seg at anatomisk patologi som spina bifida occulta, Mb Scheuermann, sakralisering og alvorlig skoliose m.m er kjente risikofaktorer. (5, 9, 19)

Unge idrettsutøvere med spondylolyse har blitt beskrevet som tre klassiske pasienttyper:

1. Den unge kvinnelige idrettsutøver med økt bevegelse og fleksibilitet/ mykhet og med en postur preget av hyperlordose. Disse pasientene er ofte dansere eller turnere.
2. Den unge mannlige idrettsutøveren med lav fleksibilitet/mykhet og stram interspinal muskulatur. Denne pasientgruppen har nylig gjennomgått en vekstspurt, er muskuløs og har stramme hamstrings.
3. Den ferske idrettsutøver som er utrent, har liten fleksibilitet i truncus og svak CORE muskelstyrke. (27)

### ***5.5 Symptomer, diagnostikk og klinisk undersøkelse***

Den unge idrettsutøver bør undersøkes innen 3 uker ved vedvarende smerter i korsryggen. (11)

Hos den unge idrettsutøver vil spondylolyse som regel være symptomatisk. (35) Typisk er smerter i korsryggen som forverres ved aktivitet og bedres ved hvile eller. Smertene kan være sterke og kan stråle ut til rumpeballen, bakside av lår og til hamstringsmuskulatur. (2,14,40)

Smerten er ofte snikende i starten, men kan også debutere akutt.

Noen pasienter rapporterer en enkelt traumatisk hendelse som resulterte i smerter. Det mest vanlige er likevel en gradvis forverring av smerte uten noen spesifikk utløsende årsak. (2)

Undersøker må ta opp en grundig anamnese i tillegg til fysisk og nevrologisk undersøkelse av rygg. Radikulære symptomer og nattesmerter er sjeldent assosiert med spondylolyse og må la tankene gå i retning av differensialdiagnoser som ischias, betennelsestilstander eller cancer m.m (37)

Ved undersøkelsen skal pasienten være avkledd, undertøy beholdes. Det må gjøres en generell ryggundersøkelse hvor man inspiserer akser, anisomeli, atrofi og fotstilling.

Deretter må man palperer benete strukturer og bløtdelsstrukturer. Det vil være ømhet ved palpasjon paraspinalt på det affekterte vertebrale nivå. (2,14,40)

Pasienten testes så for aktiv og passiv bevegelse. Bevegelsen kan være redusert eller smertefull under fleksjon og ekstensjon, og gjerne mest ved ekstensjon med sidebøy. (20,35,38)

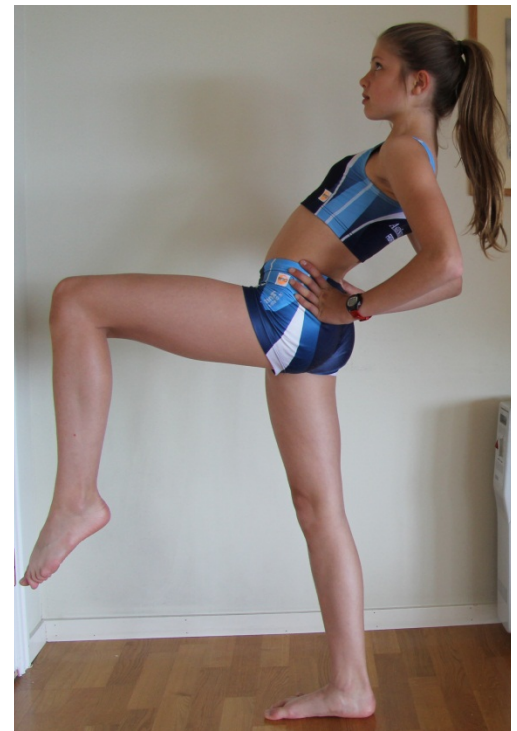
Ett beins hyperekstensjonstest av lumbarcolumna som reproducerer smerter i lumbalavsnittet regnes som et godt parameter for å mistenke spondylolyse: Pasienten står på ett ben, flekterer motsatt sides hofte og kne samtidig som lumbarcolumna hyperekstenderes. ( Stork test)(41)(bilde 4) Ved økt smerte i lumbarcolumna regnes testen som positiv.

Ved en unilateral lesjon forventer man å produsere paraspinal smerte ipsilateralt til den vektbærende fot. (22)Undersøker kan også benytte seg av liggende ett bens hyperekstensjonstest: Pasienten ligger på benk i mageleie på flekterte albuer, undersøkeren ekstenderer i pasientens hofte med strakt kne Positiv test gir økt smerte i lumbalcolumna Testene er sensitive, men lite spesifikke. Ingen av disse testene er spesifikke for spondylolyse/ -listese fordi positive tester foreligger også ved midtstilte prolaps, dysfunksjon i fasettledd eller låsing i fasettledd. (60)

Spondylolyse er som nevnt assosiert med følgende funn: lite fleksibel iliopsoas, kort hamstrings muskulatur, stram thoracolumbal fascie, abdominal svakhet, torakal kyfose og paraspinale muskelspasmer (14, 16) Det er ikke uvanlig at spasmen er ensidige og dette kan gi skolioselignende funn på det aktuelle nivået.(2)

Stramme hamstring vises ved begrenset passiv "straight -leg raising".(43)

Den klassiske gangen til pasienter med spondylolyse er beskrevet som " stiff- legged". Skrittlengden er forkortet som et resultat av hamstrings spasmer og utøveren har begrenset utslag ved fleksjon forover.(20)



Bilde 2, Storks test: Pasienten står på ett ben, flekterer motsatt sides hofte og kne samtidig som lumbalcolumna hyperekstenderes. Ved økt smerte i lumbalcolumna regnes testen som positiv.

## 5. Resultat/Fordypningsdel

Jeg kommer i denne delen av oppgave til å referere noen funn fra artikler som omhandler

- Radiologisk diagnostikk
- Fysikalsk behandling
- Bruk av korsett
- Elektrostimulering av bruddstedet

### **5.1 Radiologi som diagnostisk verktøy**

Det er viktig å ha reell kunnskap om hvilke radiologiske undersøkelser som egner seg best for å avdekke en konkret skade. En hver radiologisk undersøkelse har økonomiske implikasjoner og kan utsette den aktuelle pasient for unødig ioniserende stråling.

Følgende radiologiske metoder blir brukt til å diagnostisere og følge opp spondylolyse: konvensjonell røntgen, skjelettscintigrafi / SPECT, CT og MR.

Konvensjonell røntgen av lumbosakral columna er ikke særlig sensitiv men derimot meget spesifikk når det gjelder å oppdage lesjoner på pars interarticularis.

Anterior- posterior, sagittal, lateral og skråprosjeksjoner er nødvendige.(17,21)

På skråbildene fremstår bueområdet som en "scotty dog", og spondylolyse fremkommer som "halsbånd på hunden". (bilde 1)

SPECT/scintigrafi (single photon emission computer tomography)er svært sensitive men lite spesifikke. Ben scintigrafi gir informasjon om den metabolske aktiviteten i lesjonen og hvorvidt det er en gammel eller fersk lesjon. Scintigrafi kan påvise økt aktivitet som kan tyde på tretthetsbrudd i pars interarticularis som ikke ses på røntgen. Skjelettscintigrafi med SPECT gir de beste bildene.

SPECT er positiv i tilfeller med akutt eller nylig oppstått spondylolyse, men den er negativ i kroniske tilfeller. Ved positiv scintigrafi er lidelsen sannsynligvis mindre enn ett år gammel

I tilfeller der spondylolyse er under utvikling vil SPECT være positiv men signalene er mer diffuse og ligger lenger anteriort.(17,27)

Lumbal Computer Tomografi, CT, er mer sensitiv enn konvensjonell røntgen og har større spesifisitet enn SPECT. CT visualiserer benvev på en utmerket måte og er til hjelp i situasjoner der SPECT er positiv men ikke diagnostisk med tanke på evt. neoplasme, artritt eller infeksjon. (27)

Tidligere var det viktig at man rekvirerte buesnitt gjennom virvelkorpus parallelt med intervertebralskivene for å få med pars interarticularis på bildene,(21)mens nå kan man visualisere dette ved hjelp av en ny metode kalt revers gantry.(rg- gantry CT)

Ulempen med CT er at pasienten utsettes for uforholdsmessig stor radioaktiv stråling.

MR er en attraktiv modalitet å bruke spesielt på barn og unge da den ikke utsetter pasienten for radioaktiv stråling. MR kan visualisere ødem på pars interarticularis og fremstiller også bløtvev rundt skaden. Den har høy negativ prediktiv verdi. Ulempen med MR er at den har lav sensitivitet og svært lav positiv prediktiv verdi. Det er en dyr undersøkelse og mindre barn må sederes under bildeopptaket. (28)

MR viser uttalte endringer i signal på pars. Dette blir identifisert som en stressreaksjon og kan klassifiseres inn i fem ulike nivåer av aktivitet. MR er til stor nytte når det gjelder å evaluere elementer som stabiliserer pars lesjoner, slik som intervertebralskiven og ligamenter.(17)

I følge guidelines laget av C. J. Standaert m.fl (28) skal man starte med tradisjonell røntgen, både AP-bilder og laterale bilder for å evt. identifisere spondylolistese eller større bendefekter. Hvis ikke disse bildene er diagnostiske kan man gå videre med SPECT. Hvis SPECT er konsistent med pars lesjon skal

det rekvireres CT gjennom det affekterte området. Hvis pasienten har en negativ SPECT er det usannsynlig at pasienten har en symptomatisk pars defekt og andre diagnoser må vurderes. Restriksjon av aktivitet avhenger av de funn man finner på CT. Tidlige og progressive brudd trenger 3 måneders tid for å gro og utøver må avstå fra all fysisk aktivitet bortsett fra dagliglivets gjøremål. Hvis CT viser kronisk fraktur er det svært liten sjanse for at man vil oppnå tilheling og utøver må kun avstå fra aktivitet til smerten har gitt seg. Hvis man finner normal CT til tross for positiv SPECT er det sannsynlig at lesjonen vil gro raskere enn en visuelt synbar fraktur. Utøveren kan i dette tilfellet starte rehabilitering raskere enn før 3 mnd.

Congen M. fl.(46) undersøkte 40 pasienter og identifiserte 18 kroniske ikke tilhelede frakturer på pars ved hjelp av CT der pars var ansett som normale på vanlig røntgen. Congen mener at vanlig radiologi kan ha en funksjon hos pasienter med persisterende symptomer men da mest for å avdekke uvanlige lesjoner og spondylolistese heller enn spondylolyse. De konkluderer med at nuklær medisinske studier har en falsk positiv rate på 15 % når CT blir brukt som standard for å bekrefte spondylolyse diagnosen. Man må derfor vurdere å ta CT for å dokumentere spondylolyse før utbredt behandling og aktivitetsrestriksjoner blir anbefalt. Utøvere som fikk diagnostisert spondylolyse skulle unngå hyperekstensjons bevegelser i en episode på 6- 8 uker. De ble også inkorporert i et opptreningsprogram. Etter 8 uker fikk de lov til å returnere til sin idrett såfremt de var smertefrie under hvile og ved hyperekstensjon.

Asif Saifuddin M. fl.(13) foreslår også CT med revers gantry fremfor vanlig røntgen skråbilder da vinkelen på lesjonene varierer og man derfor står i fare for og ikke fange dem opp med vanlig skrårøntgen.

Morita M. fl. (8) viser at man ved hjelp av CT kan klassifisere frakturene som tidlige, progressive eller terminale og at dette vil være predikerende for sannsynligheten til heling av bruddet.

P.L. Gregory M.fl. (45) mener at en kombinasjon av SPECT og CT er den best egnede metoden for å avdekke patologi i pars interarticularis. Denne studien konkluderer med følgende: SPECT gir informasjon om den metabolske aktiviteten i benet til pars som et resultat av repetert stress fra sportsaktivitet. Rg- CT gir morfologisk informasjon om tilstanden til pars interarticularis, og SPECT og CT kan sammen indikere i hvilken grad en stressfraktur har utviklet seg.

I denne undersøkelsen ble 118 personer med ryggsmarter undersøkt. ( Tabell 1) Denne undersøkelse avdekker den lave spesifisiteten til SPECT. En Negativ SPECT fremkom kun i 49,2 % (95 % KI: 37,1 61,4 %) hos de pasientene som ikke fikk identifisert spondylolyse på CT (revers- gantry)

Denne studien konkluderer med at det ikke er nødvendig å ta CT- bilder hvis SPECT er negativ da MR har et større potensiale til å avdekke patologi som ligger utenfor de posteriore elementene.

**Tabell 1: SPECT og CT funn hos 118 pasienter undersøkt for spondylolyse (Gregory M.fl)**

CT finding	Spondylolysis	No spondylolysis	Total
SPECT positive	47	33	80
SPECT negative	6	32	38
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>65</b>	<b>118</b>

Hollenberg m. fl. (58) foreslår et pålitelig klassifiseringssystem av MR bilder for gradering av lumbal spondylolyse.(tabell 2) Dette klassifiseringssystemet tar i bruk både morfologisk informasjon fra MR bildene kombinert med tilstedeværelsen eller fraværet av marg ødem på væske sensitive sekvenser. De klarer ved hjelp av dette å skille mellom stress reaksjon og aktiv eller inaktiv spondylolyse.

**Tabell 2: MR graderingssystem for stress frakturer av pars interarticularis (Hollenberg. m.fl)**

GRADE	DESCRIPTION	MRI FEATURES
0	Normal	Normal marrow signals, intact cortical margins
1	Stress reaction	Marrow oedema, intact cortical margins
2	Incomplete fracture	Marrow oedema, cortical fracture incompletely extending through pars
3	Complete Active Fracture	Marrow oedema, fracture completely extends through pars
4	Fracture non- union	No marrow oedema. Fracture completely extends through pars

R.S.D. Campbell m. fl. (48) anbefaler i sin konklusjon å bruke MR som førstelinje modalitet ved juvenile spondylolyse da de mener at MR kan erstatte SPECT i majoriteten av tilfellene. I deres undersøkelse viste det seg at i de tilfellene der SPECT var positiv og MR normal ble det ikke funnet spondylolyse på CT. Denne studien trekker også frem fordelene ved at MR kan gradere lesjonen i 5 kategorier: normal, stress reaksjon inkomplett fraktur, akutt komplett fraktur og kronisk komplett fraktur. Disse skal behandles ulikt, og det er derfor av stor verdi å få skaden gradert.

Standaert m.fl.(28) har gått nærmere inn i denne undersøkelsen og fremhever at MR i denne studien kun graderte 29 av 40 tilfeller korrekt. Svakheten til MR gjelder spesielt å fange opp de tilfellene der man ved hjelp av SPECT og CT finner en stress reaksjon uten at den er noen klar frakturlinje.

A.Ruiz- Cotorro (17) vil kun anbefale MR i de tilfellene der nærliggende assosierte lesjoner må undersøkes samt i de få tilfellene der operasjon er indisert.

K. Sairyo m. fl. (47) viser at en kombinasjon av CT og T2 vektet MR vil kunne angi sannsynligheten av hvorvidt en pars interarticularis defekt vil tilheles etter konservativ behandling og dermed brukes som en rettesnor i forhold til behandling.

## **5.2 Bruk av korsett og fysikalsk behandling**

Rehabilitering av lumbale idrettsskader har hatt forholdsvis lite oppmerksomhet i den medisinske litteratur.(42)

Det er generell enighet om at ryggen bør skånes for store påkjenninger, men man må finne en balansegang slik at utøveren/ungdommen samtidig får trent opp rygg- og magemuskler.

Flere studier er blitt gjort i forhold til hvorvidt mykt eller stivt korsett eller ortose er å anbefale som behandlingsmetode for spondylolyse. Det er også gjort studier på fysikalsk behandling som vektlegger styrkning av de dype mage- og ryggmuskler.



Tradisjonell fysikalsk behandling av spondylolyse har tatt utgangspunkt i å generelt styrke mage og rygg. Situps, hamstringstøying, bekken tilts øvelser, generelle aerobiske øvelser, spasering og svømming unntatt butterfly.(1,11,14)

Store muskler som rectus abdominis, obliquus externa, quadratus lumborum og erector spinae kontrollerer store bevegelser og virker mer som globale stabilisatorer av truncus. Disse musklene har derimot ingen direkte segmental påvirkning av columna. (55)

Fokus for fysikalsk behandling av pasienter med ryggsmarter har gått i retning av å trene opp muskler som er i direkte kontakt med ryggraden. Disse har som oppgave å sikre dynamisk stabilitet og segmental kontroll av ryggraden. Vi snakker her om de dype abdominale musklene som obliquus interna og transversus abdominis sammen med lumbare del av multifidi.

Det blir antatt at de dype abdominale musklene virker gjennom co- kontraksjon av lumbare multifidi og gir en avstivende effekt på lumbacolumna via den torakalumbare fascie. Disse musklene vil når de arbeider godt sammen fungere som et "korsett" for columna uansett columnas posisjon. (51)

Det er økende bevis for at disse indre musklene er affektet ved lumbale smerter og lumbal instabilitet.(44)

Hvis svak eller dysfunksjonell abdominal indre muskulatur opptrer samtidig med spondylolyse vil dette gi en dobbel sårbarhet i det aktuelle segmentet.(44)

Studier tyder på at aktivering og trettbarhet av ryggmuskulaturen er forskjellig hos ryggfriske og hos pasienter. Reflektorisk påvirker smerte muskelaktiviteten ved å hemme den dype stabiliserende muskulaturen, mens muskler som iliopsoas, og erector spinae aktiveres. Svekkelse og atrofi av den dype muskulaturen og økt aktivering av den ytre muskulaturen kan derfor forsterke et dysfunksjonelt bevegelsesmønster. Ryggsmarter bidrar til et endret aktiveringsmønster gjennom påvirkning av både sentrale og perifere mekanismer. Bevisstgjøring, innøving, og automatisert aktivering av den dype muskulaturen kan trenes på et tidlig trinn i rehabiliteringsprosessen. (56)

Jeg vil nå gå inn i noen av disse studiene og referere enkelte funn og anbefalinger.

O' Sullivan m.fl. (44) gjorde en randomisert kontrollert dobbeltblind studie på 44 idrettsutøvere med kroniske ryggsmarter og radiologisk verifisert diagnose på spondylolyse og spondylolistese. Studien konkluderte med at et spesielt treningsprogram som involverte spesifikk trening av dyp abdominal muskulatur med co- aktivering av lumbare multifidi proksimalt for pars defekten, gav statistisk signifikant reduksjon i smerte intensitet( $p < 0,0001$ ) og funksjonsnedsettelse.( $p < 0,0001$ ) Kontrollgruppen viste ingen signifikante endringer i disse parameterne etter intervensjon. Kontrollgruppens behandling besto av generelle øvelser som svømming, spasering og tradisjonell gymnastikk. Begge gruppene fikk aktiv behandling i 10 uker, og ble fulgt opp med spørreundersøkelse etter 3, 6 og 30 mnd. Endringene var signifikante både på kort sikt (3 mnd.) og på lang sikt (30.mnd)

Nau m fl. (57) gir i sin artikkel anbefalinger til atleter med spondylolyse. Det er deres erfaring at atleter ofte fokuserer på større muskelgrupper og heller neglisjerer muskler som er ansvarlige for spinal stabilisering. De mener det derfor er essensielt at utøvere med spondylolyse både arbeider

med å styrke og stabilisere muskulatur, men også bruker nok tid til tøyning for å få mer fleksibel muskulatur. I tillegg til hamstrings- og paraspinal stivhet blir det sagt at stivhet i rectus femoris kan øke den lumbare lordose ved å endre bekkenets posisjon. Dette øker i sin tur belastningen på en allerede ustabil vertebra. De anbefaler derfor et omfattende tøyningsprogram i tillegg til stabilisering av hofte, rumpe og magemuskulatur.

M.E. Steiner m. fl. (18) behandlet 67 personer med symptomatisk spondylolyse eller grad 1 spondylolistese med et modifisert Boston Brace.

Dette korsettet var på pasienten 23 av 24 timer de første 6 mnd. Etter dette gikk pasienten uten korsett de neste 6 mnd. Idrettsaktivitet som fotball, turn, og ishockey var tillatt så lenge korsettet beskyttet mot symptomer. I tillegg til korsettbruk ble det gitt behandling i form av fysikalsk terapi som la vekt på hamstrings tøyning samt styrkning av abdominalmuskler og av den thorakolumbale fascie.

De kliniske resultatene viste at 78 % av pasientene hadde eksellente eller gode resultater, 13 % hadde ganske gode resultater og 9 % hadde dårlige resultater. (tabell 3)

Tabell 3	Criteria for Clinical Evaluation
Excellent	No pain No brace requirement
Good	Full activities, including sports
Fair	Occasional aching with vigorous activity No brace requirement Full activities, including sports
Poor	Pain with vigorous activity Occasional use of brace Activity of daily living without pain
	Pain during activity of daily living even with brace Candidate for fusion

Tabell 3, Kriterier for klinisk utfall ( Steiner m.fl)



Figur 1, Fordeling av resultater (Steiner m.fl)

87 % av pasientene var menn og de hadde mye bedre resultat enn det lavere antallet kvinner. ( $P < 0,01$ )(Figur 1)

Denne studien konkluderer med at korsett medvirker til heling av pars defekter. De mener dette skjer via korsettets immobilisering av korsryggen og dermed nedsettelsen av sagittalplan skjærekrefter.

P.A. d'Hemecourt (7) konkluderer med at antilordose lumbosakral ortose er en effektiv behandling for unge atleter med spondylolyse. I denne studien ble det kliniske utfallet hos 73 unge atleter med spondylolyse evaluert. Behandlingen innebar ortose i kombinasjon med et fysikalsk terapi program. Ved at utøverne på denne måten fikk stabilisert columna kunne de fleste returnere til idrett etter 4-6 uker. 80 % hadde eksellent eller godt utfall. Forfatterne har en hypotese om at deres fremgangsmåte

forhindrer at atleten mister muskelmasse, noe som er avgjørende for stabilisering av columna. Dette bidrar til raskere rehabilitering.

Studien viste også at mannlige atleter klarte seg bedre enn de kvinnelige, ( $P < 0.01$ )

Det viste seg også at jenter og gutter som deltok i høyrisikosport hadde fem ganger så stor sannsynlighet for å få et mindre fordelaktig klinisk utkomme (oddsratio=5.95 %, KI: 2.4-7.5.)  $P=0.03$ )

Likeledes var stramme Hamstrings og akutt innsettende smerte assosiert med dårligere utfall. ( $P < 0.03$ ) Tilheling av bruddet ble ikke evaluert i denne studien.

Mc Cleary m.fl. (2) brukte Boston Brace ved akutte stressfrakturer, og et mindre rigid korsett ved subakutte eller gamle frakturer. Fysikalsk terapi ble startet innen noen få uker med CORE- styrkning og tøynings av bekkenmuskulatur. Tilbakeføring til aktuell idrett med korsett ble gjort hvis utøveren var smertefri under ekstensjon etter 4- 6 uker.

A. Ruiz- Cotorro m.fl. (17) viser i sin studie at bruk av korsett ikke gir signifikante resultater i konsolideringen av tidlig(developing) fraktur og aktiv(progressiv) fraktur. Studien omfattet 66 unge atleter med spondylolyse. I kun 7 tilfeller oppnådde de tilheling av pars. Kun tre av disse brukte korsett, de fire andre ble behandlet med hvile og konvensjonell terapi med bekkenstabilisering. Denne undersøkelsen viste derimot at korsettet reduserte tidsperioden med smertefulle symptomer. Smertefrihet ble oppnådd gjennomsnittlig i løpet av 20.7 dager hos de som brukte korsett mot 27.1 dager hos de som ikke brukte korsett.

En liten studie gjennomført av (Axelssen m.fl.)(49)som kun omfattet 7 personer konkluderte med at verken rigid eller myk ortose hadde noen stabiliserende effekt på sagittale eller vertikale intervertebrale bevegelser. I 6 av 7 av disse tilfellene medvirket denne eksterne supporten til derimot å øke de intervertebrale bevegelsene.

T. Morita m.fl.(8) brukte som tidligere nevnt CT for å inndeles pars defekt i tidlig, progressiv og terminalt stadium.

Heling av brudd ble identifisert 73 % av tidlige defekter og i 38.8 % av de progressive bruddene. Ingen av terminalfasebruddene ble helet. Disse ratene for tilheling viste seg signifikant forskjellige. ( $P < 0.0001$ ) De mener dette avdekker behovet for tidlig diagnostikk og tidlig intervensjon.

En annen studie gjennomført av Blanda m. fl. (1) viste at bentilhelning ble funnet hos 87 % hos atleter med unilateral lesjon mens 87 % av de som ikke oppnådde tilheling hadde bilateral lesjon. Videre fant de tilheling av 73 % av tidlige defekter, 39 % av progressive defekter og ingen i de terminale defektene.

### **5.3 Elektrisk stimulering av bruddstedet**

Elektrisk stimulering har vært brukt til å hele frakturer i flere områder på kroppen. Behandling av stressfrakturer på underekstremitetene(os naviculare og 5. metatarsal) med transkutan elektrisk stimulering har vært rapportert med svært gode resultater. (52)

Pettine m. fl.(54) Presenterte en case report av en 17 år gammel ungdom som hadde spondylolyse bilateralt på L4. Hun ble behandlet med TLSO (torakalumbarsakral ortose) og fikk etter hvert en

eksterne elektrisk ben stimulator som tilleggsbehandling. Hun ble instruert i å bruke benstimulatoren både på dagen og når hun sov. 1 år senere viste CT fullstendig tilheling av både høyre og venstre pars fraktur. Forfatteren sier ingenting om tilhelingen skyldtes ortosen eller den elektriske stimuleringen.

En annen case rapport utarbeidet av Fellander- Tsai m.fl.(53) tok for seg to unge idrettsutøvere hvor CT viste bilateral pars fraktur på L5. Begge utøverne fikk en Boston Brace 23 timer i døgnet og et anti-lordose treningsprogram. I den første evalueringen etter 4 mnd. var utøverne nesten smertefrie og CT viste tilheling av høyre side men et gap på venstre side. Etter 10 mnd. behandling rapporterte utøverne smerte i lumbalområdet og CT viste fullstendig tilheling av hø. side men fremdeles et gap på venstre side. Etter 14 mnd. med behandling hadde begge utøverne så mye smerter at de ikke kunne fortsette sine idrettslige aktiviteter. På dette tidspunkt ble det startet behandling med ekstern elektrisk benstimulator. Etter 1 års behandling var begge pasientene smertefrie og CT viste fullstendig tilheling av begge pars interarticularis. Forfatterne nevnte ingenting om utøverne ble bedt om å begrense idrettslig aktivitet under behandlingsperioden.

## **6. Diskusjon**

### ***7.1 Radiologi som diagnostisk verktøy***

Tidlig diagnostikk av spondylolyse har viktige implikasjoner med tanke på hvilken behandling som igangsettes. Både stressreaksjoner, inkomplette og komplette akutte frakturer kan respondere på konservativ behandling. Motsatt, kan en forsinket diagnose og behandling bidra til at bruddet utvikler seg til en kronisk ikke helende fraktur. En ung idrettsutøver med etablert kronisk inaktivt ikke tilhelet fraktur kan være avhengig av operativ behandling for kroniske korsryggssmerter eller for å forhindre videreutvikling til spondylolistese.(10,24)

Når det gjelder radiologi må det tas hensyn til ulike ulemper for pasienten med tanke på strålingsmengde, sannsynlighet for feildiagnostikk og evt. sederingsbehov.

Dessuten er tilgangen og kostnadene på de ulike undersøkelsene varierende.

Vanlig røntgen er en enkel gjennomførbar og rimelig undersøkelse. Det vil i første omgang heller ikke gi pasienten uforholdsmessig stor stråledose. Hvis man derimot tar en full serie med antero-posterior, lateral, og skråbilder vil dette gi omtrent samme radioaktive eksponering som et CT- bilde. (14) En av fordelene med CT i forhold til vanlig røntgen er at strålingsdosen er så fokusert at det gir begrenset stråling av gonadene.(46)

Dette kan tale for å benytte CT fremfor vanlig røntgen også når man tar i betraktning den lave sensitiviteten ved vanlig røntgenundersøkelse. Vanlig radiologi vil ikke fange opp tidlige eller akutte lesjoner. CT gir svært gode detaljer om benmorfologi og blir sett på som gullstandard for å

demonstrer komplett og inkomplett pars defekter og for å vurdere bentilhelingen i oppfølgingen av akutte lesjoner. CT kan likevel ikke med mye sikkerhet skille mellom aktive og inaktive lesjoner og eksponerer som nevnt pasienten for ioniserende stråling.

Fordelen med SPECT er at man kan oppdage tidlig pars stress før utvikling av ossøse forandringer er synlige på CT, den kan også predikere hvorvidt tilheling av et brudd er sannsynlig. På denne måten kan behandling settes inn tidligere og forebygge utvikling av skaden. Dessverre er SPECT en ikke spesifikk undersøkelse og kan ikke skille mellom stress reaksjon og åpent fraktur. Man kunne kanskje argumentere for at pasienter som har symptomer på en pars stress fraktur og som har positiv SPECT ble behandlet for å ha et tidlig stress fraktur med opphold av idrettslig aktivitet, og bruk av korsett m.m. Dette vil nok likevel ikke aksepteres av ambisiøse utøvere på høyt idrettslig nivå.

Det kan virke fornuftig å starte med SPECT og gå videre med CT i de tilfeller der SPECT er positiv slik PL. Gregory(45) anbefaler. Jeg opplever det likevel problematisk at en ungdom skal utsettes stråledoser av den størrelse som en CT vil gi. Spesielt tatt i betraktning av at det muligens vil tas flere bilder.

MR undersøkelse har den fordel at den kan i likhet med SPECT gi tidlig diagnostikk av spondylolyse ved å identifisere stress frakturer i pars når vanlig røntgen er negativ. MR kan gradere lesjonen som vil ha behandlingsmessige konsekvenser for utøveren. F. eks vil en kronisk inaktiv fraktur bety at utøveren kan returnere til normal fysisk aktivitet såfremt vedkommende er smertefri. Fordelen med MR er at den som kjent ikke utsetter pasienten for ioniserende stråling. MR har mulighet til å oppdage benmarg ødem i en tidlig stressreaksjon i pars interarticularis. Videre vil etablerte lesjoner og annen signifikant patologi (for eksempel prolaps) bli klart demonstrert på MR bilder. Dette taler for at MR faktisk kan erstatte SPECT bortsett fra i de tilfeller der MR er kontraindisert.

Identifiseringen av inkomplett stress fraktur vil gjenstå som største utfordringen for MR bilder. En mulighet her er at CT reserveres for de tilfeller der det er tvetydighet og man trenger videre undersøkelse for å få klarhet i omfanget av lesjonen.

Påfølgende oppfølging av tilhelingsprosessen av frakturen blir best visualisert ved hjelp av CT.

Jeg vil av hensyn til denne pasientgruppens unge alder mene at det likevel skal tungtveiende grunner til før man rekvirerer CT og at andre modaliteter bør forsøkes i første omgang for å skåne pasienten for uforholdsmessige store stråledoser.

## ***7.2 Behandling av spondylolyse***

Målet med behandling det være seg fysikalsk opptrening, korsett eller elektrisk stimulering er at utøveren skal bli smertefri og gjenvinne full motilitet og styrke for så å tilbakeføres til sin idrett raskest mulig. Først må utøveren ha en periode med hvile til smertene har kommet under kontroll og bruddet har fått tid til å heles.

Det viser seg at tidlig diagnostisering av tretthetsbrudd i pars interarticularis som fører til rask konservativ behandling gir svært gode resultater med tilbakeføring til aktuell idrett innen 6 mnd. (14)

I de tilfellene der utøveren har vedvarende smerter til tross for 6 måneder med konservativ behandling må man vurdere operasjon.(14)

O' Sullivan sin studie(44)viste klart at et treningsprogram som involverte dyp abdominalmuskulatur og lumbare multifidi var effektivt ved å redusere både smerte og funksjonsnedsettelse. Studien er vel beskrevet og kan reproduseres. Kontrollgruppen som ble behandlet av sin lege med "tradisjonell" konservativ behandling viste ingen forbedringer i disse parameterne. Kontrollgruppen mottok ikke en vel beskrevet behandling, og det er sannsynlig at den varierte fra en behandler til en annen. Det er derfor vanskelig å bestemme den aktuelle effekten av denne "konservative" behandlingen.

Ulike typer korsetter har blitt anbefalt varierende fra myke ortoser til rigide korsetter.(28)

Både studien til d'Hemcourt(7) og Steiner(18) konkluderer med at Boston Brace bidrar til heling av brudd og forbedring av klinisk tilstand. Begge intervensjonene ble gjennomført sammen med et fysikalsk program som vektla hamstringstøying, abdominal styrketrening m.m. Svakheten med disse studiene er for det første at de ikke hadde noen kontrollgruppe, for det andre ble det gitt fysikalsk tilleggsbehandling. Det blir da vanskelig å vite om de positive resultatene skyldtes korsettet eller tilleggsbehandlingen.

Ruiz- Cotorro (17)viser i sin studie at korsett ikke har noen signifikant effekt på bruddtilhelingen, mens Axelssons(49) viser at korsett kun hindrer de store grovmotoriske bevegelser i ryggen men tvert i mot øker den intervertebrale bevegelsen på segmentnivå. Den siste studien innbefattet svært få deltakere og det bør gjøres randomiserte studier på dette med større antall deltakere for å verifisere dette.

Vi kan utfra dette ikke konkludere med at korsetter bedrer tilhelingsprosessen på pars interarticularis.

Det som disse studiene derimot er enige om er at korsett virker smertelindrende. Utøverne rapporterte at de følte seg beskyttet og at de opplevde smertelindring spesielt under fysisk aktivitet. Det var da lettere for dem å komme i gang med opptrening.(7,17) Dette kan tale for at korsett bør brukes i rehabiliteringen for dette formål. Om man brukte mykt eller stivt korsett viste dette seg likeverdig. Det er heller ingen forskjell på korsett som motvirket lordose i forhold til de korset som opprettholder lordose.(17,18,28)

Når det gjelder elektrisk stimulering av bruddstedet ved spondylolyse er dette en relativt ny behandling som det ikke er gjort så mange studier på. De to studiene som er nevnt i denne oppgaven viste gode resultater, men undersøkelsene omfattet henholdsvis kun en og to personer. Elektrisk stimulering ble brukt som behandling i begge studiene, men på ulike måter. Fellander –Tsai(54) tok i bruk elektrisk stimulering når andre metoder som korsett, fysikalsk behandling ikke førte smertereduksjon eller heling av bruddet. Pettine m. fl(55) tok i bruk elektrisk stimulering i starten av behandlingen i kombinasjon med korsett og restriksjon av aktiviteter. Pettine m. fl. kunne da heller

ikke konkludere med hvorvidt det var korsettet, restriksjon av fysisk aktivitet eller den elektriske stimuleringen som førte til bentilheling. Fellander- Tsai viste at pars defekten helet som en følge av den elektriske stimuleringen.

Uansett er disse studiene for små til at resultatet kan generaliseres til resten av befolkningen. Her må det flere studier til som også blir så vel beskrevet at de kan replikeres.

Da spondylolyse er en stressfraktur av pars interarticularis vil det primære målet for behandling være å oppnå en stabil tilheling av bruddet. Alle brudd vil likevel ikke tilheles ved hjelp av konservativ behandling.

Det er vist at man oppnår tilheling i størst grad når bruddet er ferskt og unilateralt. Sjansene for ossøs tilheling minker når bruddet er bilateralt, trolig fordi frakturane er av ulik dato og at det lengst progredierende ikke vil oppnå tilheling.(14, 26) T. Morita m.fl.(8) brukte som tidligere nevnt CT for å inndeles pars defekt i tidlig, progressiv og terminal stadium.

Heling av brudd ble identifisert 73 % av tidlige defekter og i 38.8 % av de progressive bruddene. Ingen av terminalfasebruddene ble helet. Disse ratene for tilheling viste seg signifikant forskjellige. ( $P < 0.0001$ ) De mener dette avdekker behovet for tidlig diagnostikk og tidlig intervensjon.

En annen studie gjennomført av Blanda m. fl. (1) viste at bentilheling ble funnet hos 87 % hos atleter med unilateral lesjon mens 87 % av de som ikke oppnådde tilheling hadde bilateral lesjon. Videre fant de tilheling av 73 % av tidlige defekter, 39 % av progressive defekter og ingen av de terminale defektene.

Det kan kanskje virke som om tilheling av tretthetsbrudd er det ultimate vellykkede resultat etter behandling av spondylolyse. Nå viser studier at dette ikke er tilfelle. Idrettsutøvere har vist at de i stor grad kan komme tilbake til sin idrett med stabile ikke helede frakturer. Det at frakturen ikke er tilhelet betyr ikke at segmentet er ustabilt og det kliniske resultatet kan være godt.(14)

Med andre ord kan utfallet deles inn i 2 ulike parametere: Anatomisk utfall og funksjonelt utfall. Miller m. fl.(59) gjennomførte en Kohort studie hvor de målte funksjonelt utfall hos 40 atleter med tidlig oppdaget spondylolyse (negativ røntgen, positiv SPECT) etter 7-11 år. 80 % fullførte studien. 91 % hadde godt eller svært godt "low back outcome scores". Studien konkluderer med at funksjonelt utfall ikke samvarierer med tilhelingsgraden avdekket ved initiale CT- bilder.

Den kliniske statusen til utøveren vil da også være retningsgivende og overstyre radiologiske funn hva angår om vedkommende kan gjenoppta trening.

Idrettsutøvere med spondylolyse kan normalt returnere til idrett uten restriksjoner så snart de er symptomfrie. Tilbakeføringen til den aktuelle idrett må skje i samråd med utøveren, behandleren, treneren og evt. foreldre. (27)

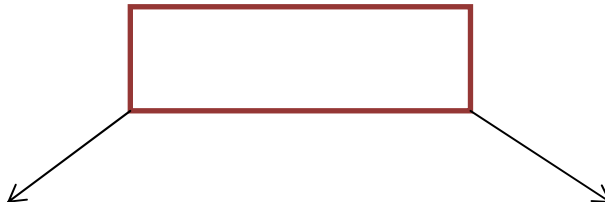
## 7. Avslutning med konklusjon

Denne prosjektoppgaven har forsøkt å gi oppdatert informasjon av mange ulike aspekter ved spondylolyse hos yngre idrettsutøvere.

Jeg vil nå avslutningsvis angi noen anbefalte retningslinjer for hvile, rehabilitering, og tilbakeføring til idrett basert på kunnskap hentet fra artikler i denne oppgaven. (Tabell 4)

For å diagnostisere spondylolyse radiologisk mener jeg på bakgrunn av de artikler jeg har lest at MR bør være førstevalg. MR har mulighet til å oppdage benmarg ødem i en tidlig stressreaksjon i pars interarticularis. Videre vil etablerte lesjoner og annen signifikant patologi (for eksempel prolaps) bli klart demonstrert på MR bilder. I tilfeller der det knytter seg stor usikkerhet rundt resultatet som ved inkomplette stressfrakturer kan man vurdere SPECT og CT eller en kombinasjon av disse. Dette gjelder også i de tilfellene der MR er kontraindisert.

Anbefalt rekreasjons- og opptreningsprogram avhenger av hva slags fraktur som er diagnostisert:



Akutte eller progressive fraktur		Terminalt fraktur
0-12 uker	<b>Hvilefase</b>  Hvile, ingen sportsaktivitet. Tillatt med dagligdagse aktiviteter. Vurder korsett ved smertefulle symptomer etter 2-4 uker.	Fra uke 0 til smertefrihet ved full bevegelse.
	<b>Rehabiliteringsfase</b>	
12- 16 uker	Akutt: Bevegelsestrening, lav intensiv kondisjonstrening. Forsiktig stabiliseringsøvelser for rygg og mage	Når smertefri ved full bevegelse
Bør ikke startes før 16 uker. Kan gjøre kontroll -CT ved 12 uker og avansere raskere kun ved synlig tilheling	Bevegelsestrening, kondisjonstrening, styrketrening, økende stabiliseringsøvelser for rygg og mage. Start forsiktig med sport spesifikk trening	Når kommet gjennom akuttstadiet
Når kommet gjennom rekonvalesens fase	Kondisjonstrening, styrketrening, dynamiske stabiliseringsøvelser for rygg og mage. Økende sport spesifikk trening. Terping på ferdigheter og teknikk.	Når kommet gjennom rekonvalesens fase
5-7 mnd.	<b>Tilbake til idrett</b>  Full smertefri bevegelse, normal styrke, god kondisjon, i stand til å utføre sportsrelaterte ferdigheter uten smerte.	2- 5 mnd.

Tabell 4: Anbefalte retningslinjer for hvile, opptrening og tilbakeføring til idrett ved spondylolyse, (28,42)



Ved tidlige og progressive frakturer, bør utøveren måtte avstå fra idrett i 3 mnd. Hvis bildediagnostikk viser kronisk fraktur er det svært liten sjanse for at man vil oppnå tilheling og utøver må kun avstå fra aktivitet til smerten har gitt seg. Ved vedvarende smertefulle symptomer kan man vurdere korsett/ ortose etter 2-4 uker. Rehabilitering kan startes når det etter utøvers tilstand anses som forsvarlig. I starten som lav intensiv kondisjonstrening og CORE -stabilitets trening. Etter hvert kan kondisjonstrening økes i intensitet og mer idretts spesifikk trening kan gjenopptas.

Idrettsutøveren kan gå tilbake for fullt til sin idrett når vedkommende har full smertefri bevegelse, og klarer å utføre de sports spesifikke ferdighetene kontrollert uten smerter. Generell rehabilitering tar normal 2- 4 mnd. å gjennomføre, og vedkommende kan da normalt returnere til sin idrett etter 5-7 mnd. etter diagnose. (28)

Figuren tar ikke med de tilfellene der man finner kun stress reaksjon(MR: benmargssødem normale, intakte kortikale marginer. CT: negativ, SPECT positiv). Utøveren kan i dette tilfellet starte rehabilitering raskere enn før 3 mnd.

Spondylolyse er en hyppig forekommende skade hos unge idrettsutøvere. Det må derfor vies oppmerksomhet og vurderes som en mulig årsak ved korsryggsmerter hos denne gruppen.

Å behandle utøvere med spondylolyse kan være en utfordring. En sterk indre motor hos utøveren selv for å komme tilbake til idretten kan bidra til at smerter og symptomer blir underrapportert. Dessuten kan press fra trenere, familie eller forpliktelser til et lag forstyrre beslutningstakingen til begge parter i forhold til hvile, rehabilitering og tilbakeføring til idrett.

Å bli skadet er for idrettsutøveren en psykisk påkjenning som kan true selvfølelse, identitet og mestringsevne. På grunn av oppgavens avgrensning har jeg ikke utdypet denne problematikken her, men jeg vil minne om at bevissthet om de følelsesmessige reaksjoner hos idrettsutøveren må være til stede hos trenere og behandlere. Hensiktsmessige mestringsstrategier må tas i bruk for at utøveren skal oppnå optimal rehabilitering.

Når det gjelder forebygging mener jeg det er viktig å ta innover seg at barn og ungdom trenger en generell plattform for fysisk aktivitet før man spesialiseres inn i en idrett. Dessuten må man kritisk vurdere intensitet og antall timer trening pr uke sett opp mot utøverens alder. Symptomer som smerte må bli tatt på alvor og det må være rom for pause og treningsopphold selv når en viktig konkurranse eller mesterskap står for tur.

## Litteraturhenvisninger

1. Joseph Blanda, Daniel Bethem, William Moats, Micjael Lew: **Defect og Pars Interarticularis in Athletes: A Protocol for nonoperativ treatment.** *Journal of spinal disorders* 1993, Vol 6. No. 3: 406-411.
2. Michael D. McCleary, MD, and Joseph A. Congeni, MD: **Current Concepts in the Diagnosis and Treatment of Spondylolysis in Young Athletes.** *Current Sport Medicin Reports* 2007, 6: 62-66.
3. Nils Gunnar Juel: **Norsk fysikalsk medicin.** ISBN: 978-82-450-0557-8. 2.utgave, 2007
4. Ikata T, Miyake R, Katoh S, et al: **Pathogenesis of sports related spondylolisthesis in adolescent.: radiographic and magnetic resonance imaging study.** *Am J Sports Med* 1996, 24: 94-98. \*
5. Toshinori Sakai, Koichi Sayryo, Naoto Suzue, Hirofumi Kosaka, Natsuo Yasui: **Incidence and etiology of lumbar spondylolysis: review of the literature.** *Journal of orthopaedic science* 2001, 15: 281-288.
6. Stewart T: **The age and incidence of neural arch defects in Alaskan natives.** *J Bone Joint Surg Am* 1983, 35: 397 \*
7. Pierre A. d'Hemecourt, MD, David Zurakowski, PhD, Susi Kriemler, MD, Lyle J. Micheli, MD: **Spondylolysis: Returning the Athlete to Sports participation With Brace Treatment.** *Orthopedics Jun 2 2002, 26, 6: 253-257*
8. Tetsuki Morita, Takaaki Ikata, Shinsuke Katoh, Ryoji Miyake: **Lumbar spondylolysis in children and adolscents.** *British Editorial Society of Bone and Joint Surgery* 1995, 77-B: 620-5.
9. Wiltze L: **The etilology of spondylolisthesis.** *J Bone Joint Surgery* 1962. 44-A: 539-560. \*
10. Richard A. Tallarico, MD, Ian A. Madom, MD, Mark A. Palumbo, MD: **Spondylolysis and Spondylolisthesis in the Athlete.** *Sports Med Arthrosc Rev* 2008, volum 16, 1: 32-38
11. Pierre A. d'Hemecourt, MD, Peter G. Gerbino II, MD, Lyle J. Micheli, MD: **Back injuries in the young athelete.** *Clinics in Sports Medicine* 2000, 4: 663-678.
12. Micheli LJ: **Back injuries in gymnastics.** *Clin Sports Med* 1985, 4: 85-93. \*
13. Asif Saifuddin, John White, Steward Tucker, Benjamin A. Taylor: **Orientation of lumbar pars defects.** *British Editorial Society of Bone and Joint Surgery*, 1998, 80-B: 208-11.
14. J. Sys, J. Michielsen, P. Brake, M. Martens, J. Verstreken: **Nonoperative treatment of active spondylolysis in elite athletes with normal X- ray findings: literature review and results of conservative treatment.** *Eur Spine J*, 2001, 10: 498-504.
15. Green TP, Allvey JC, Adams MA: **Spondylolysis. Bending of the inferior articular processes of lumbar vertebra during simulated spinal movements.** *Spine*, 19: 2683-2691 \*

16. Garry JP, McShane J: **Lumbar spondylolysis in adolescent athlete.** *J Fam Pract*, 46: 145-149.
17. A Ruiz- Cotorro, R. Balias- Matas, A E Estruch- Massana, et al: **Spondylolysis in young tennis players.** *Br J Sports Med*, 2006, 40: 441-446.
18. Steiner M. Micheli L: **Treatment of symptomatic spondylolysis and spondylothesis with the modified Boston Brace.** *Spine* 1985, 10: 937-43.
19. D. Stasinopoulos: **Treatment of spondylolysis with external electrical stimulation in young athletes: a critical literature review.** *Br J Sports Med* 2004, 38: 352-54.
20. James P. Lawrence, MD, Hunter S. Greene, MD, Jonathan N. Grauer, MD: **Back pain in athletes.** *Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2006, 14: 426-35.
21. Terje Halvorsen, Svein Nilsson: **Stressfrakturer,** *Tidsskr Nor Lægeforen*, nr.17, 1996, 116: 1999-2001.
22. Mark F. Kurd, BA, Deepan Patel, BS, Robert Norton, BS, George Picetti, MD, Brian Friel, BA, Alexander R. Vaccaro, MD: **Nonoperative Treatment of Symptomatic Spondylolysis.** *J Spinal Disord Tec*, 2007, vol. 20, 8: 560-564.
23. Allan Vrable, DO, PT, Andrew L. Sherman, MD, MS: **Elite Male Adolescent Gymnast who Achieved Union of a persistent Bilateral Pars Defect.** *Am. J. Phys. Rehabil.* 2009, vol. 88, 2:156-160.
24. David P. Kurd, MD. **Back Pain in the Young Athlete,** *Sports med Arthrosc Rev*, 2011, vol 19, 1: 7-15.
25. Petter Lake, Bjørn Reino Olsen, Haakon Breien Benestad: **Litteratursøk og personlige referansedatabaser.** In: **Forskning i medisin og biofag.** ISBN 978-82-05-38487-3, Gyldendal forlag AS, 2. utgave, 1. opplag, 2008: 147-186.
26. J. Iwamoto, T. Takeda, K. Wakano: **Returning athletes with severe back pain and spondylolysis to original sporting activities with conservative treatment.** *Scand J Med Sci Sports*, 2004, 14: 346-351.
27. Han Jo Kim, Daniel W. Green: **Spondylolysis in the adolescent athlete.** *Current Opinion in Pediatrics* 2011, 23: 68-72.
28. Christopher J. Standaert, MD, Stanley A. Herring, MD: **Expert Opinion and Controversies in Sports and Musculoskeletal Medicine: The Diagnosis and Treatment of Spondylolysis in Adolescent Athletes.** *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, vol. 88: 537-540.
29. Etsuo Chosa, Koji Totoribe, Naoya Tajima: **A biomechanical study of lumbar spondylolysis based on a three- dimensional finite element method.** *Journal of orthopaedic Research*, 2004, 22, 1: 158
30. Fredrickson BE, Baker D, McHolick WJ et al: **The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis.** *J BoneJoint Surg*, 1984, 66A: 699-707.\*

31. Wiltze LL, Widell Jr EH, Jackson DW: **Fatigue fracture: the basic lesion is istmic spondylolisthesis.** *J Bone Joint Surg*, 1975, 57A: 17-22. \*
32. Koichi Sairyo, Vijay K. Goel, Akiyoshi Masuda, Srilakshmi Vishnubhotla, Ahmad Faizan, Ashnok Biyani, Nabil Ebraheim, Daisuke Tonekura, Ri- Ichi Murakami, Tomoya Terai: **Three dimensional finite element analysis of the pediatric lumbar spine. Part II: biomechanical change as the initiating factor for pediatric istmic spondylolisthesis at the growth plate.** *Eur Spine J*, 2006, 15: 930- 935.
33. Revel M, Andre-Deshays C, Roudier R, et al: **Effects of repetitive strains on vertebral endplates in young rats.** *Clin Orthop* 1992, 279:303–9 \*
34. Tadanori Sakamaki, MD, Shinsuke Katoh, MD, and Koichi Sairyo, MD: **Normal and Spondylolytic Pediatric Spine Movements. With Reference to Instantaneous Axis of Rotation.** *SPINE*, 2002, Vol.27, 2: 141–145\* net
35. Lyle J. Micheli, MD, Christine Curtis, BS, MEd: **Stress Fractures in the Spine and Sacrum.** *Clinics in Sports Me,d*, 2006: 75.88
36. Hans A. Dahl, Eric Rinvik: **Menneskets funksjonelle anatomi.** ISBN 978- 82- 02- 27017- 9. J W Cappelens Forlag AS, 2007, 2. utgave.
37. Martin J. Herman, MD, Peter D. Pizzutillo, MD, Ralph Cavalier, MD: **Spondylolysis and spondylolisthesis in the child and adolescent athlete.** *Orthop Clin N Am*, 2003, 34: 461- 467.
38. Michael J. Goldberg, M.D: **Gymnastic injuries.** *Ortopedic Clinics of North America*, 1980, vol. 11: 717- 723.
39. Ujjwal K. Debnath, Brian J. C. Freeman, Michael P. Grevitt, J. Sithole, B.E. Scammel, John K. Webb: **Clinical Outcome of Symptomatic Unilateral Stress Injuries of the Lumbar Pars Interarticularis.** *Spine*, 2007, vol. 32, 9: 995-1000.
40. Kipp Kennedy: **Acute Spondylolysis in an Adolescent.** *Orthopaedic Nursing*, 1994, vol 13, 5: 17- 20.
41. Alf Sigurd Solberg, Gitle Kirkesola: **Klinisk undersøkelse av ryggen.** ISBN. 978- 82- 7634- 735- 7 Høyskoleforlaget, 2007
42. Christopher J. Standaert, MD: **New Strategies in the Management of Low Back Injuries in Gymnast.** *Current Sports Medicine Reports*, 2002,1: 293- 300.
43. .mcArdle, Katch, Katch: **Exercise Physiology.** ISBN: 978-1608-3185-99.Lippincott Williams Wilkins, 2010, 7.th ed.
44. O' Sullivan, Peter B, Phytty, Dip Manip Grad, Twomey, Lance T, Allison, Garry T: **Evaluating og Specific Stabilizing Exercise in the Treatment of Chronic Low Back Pain with Radiologic Diagnosis of Spondylolysis or Spondylolisthesis.** *Spine*, 1997,vol 22: 2959-2967.

45. P.L. Gregory, M.E. Batt, R.W. Kerslake, B.E. Scammel, J. F. Webb: **The value of combining single photon emission computerized tomography and computerized tomography in the investigation of spondylolysis.** *Eur Spine Journal*, 2004, 13: 503-509.
46. Joseph Congeni, John McCulloch, Kenneth Swanson: **Lumbar Spondylolysis, A Study of Natural Progression in Athletes.** *The American Journal of Sports Medicine*, 1997, 25,2: 248-253.
47. K. Sairyo, t. Sakai, N. Yasui: **Conservative treatment of lumbar spondylolysis in childhood and adolescent.** *J Bone Joint Surg*, 2009, 91-B: 206-9.
48. R.S.D. Cambell, A.J. Grainger, I. G. Hide, S. Papastefanou, C. G. Greenough: **Juvenile Spondylolysis: a comparative analysis of CT, SPECT and MRI.** *Skeletal Radiol*, 2005, 34: 63-73
49. P. Axxelsson, R. Johnsson, Bjørn Strømquist: **Effect of Lumbar Orthosis on Intervertebral Motility.** *Spine*, 1992, 17: 678-81.
50. J. McDonald m.fl: **Back pain in the adolescent athlete.** *Pediatric Annals*, 2007, 36,11: 703-12.
51. Cresswell A, Grundstrøm H, Thorstensson A: **observations on intra- abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man.** *Acta Physiol Scand*, 1992, 144: 409-18.
52. Benazzo f, Mosconi M, Beccarisi G : **Use of capacitive coupled electric fields in stress fractures in athletes.** *Clin Orthop* 1995, 31: 145-9
53. Fellander- Tsai L, Micheli L: **Treatment of spondylolysis with external electrical stimulation: a report of two cases.** *Clin J Sports Med* 1998, 8: 232-4.
54. Pettine K, Salib R, Walker S: **External electrical stimulation and bracing for treatment of spondylolysis. A case report.** *Spine*, 1993, 18: 436-9.
55. Bergmark A: **Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering.** *Acta Orthop Scand*, 230, 60: 20-4.
56. Bahr R, Mæhlum S: **Idrettsskader.** ISBN-13:978-82-91-14932-9, Gazette AS, 2. Utgave, 2006.
57. Nau E, Hanney W, Kolber M: **Spinal Conditioning for Athletes With Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis.** *Strength and Conditioning Journal*, 2008,30,2, 43-52.
58. Hollenberg GM, Beatti PF, Meyers SP, Weinberg EP; Adams MJ: **Stress reactions on the pars interarticularis: the development of a new classification system.** *Spine*, 2002, 27, 2: 181-6.
59. Miller S, Congeni J, Swanson K: **Long term Functional and Anatomical Follow. Up of Early Detected Spondylolysis in Young Athletes.** *Am J of Sports Med*, 2004, 32,4: 928-33.
60. **Norsk Elektronisk Legehåndbok.**